

08. 7. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 26 AUG 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 7 月 1 7 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 2 7 6 2 7 1  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 7 6 2 7 1]

出 願 人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

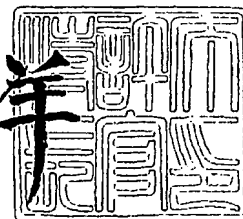
PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川

洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2003-02279  
【提出日】 平成15年 7月17日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 F02P 5/15  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
    【氏名】 守谷 栄記  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
    【氏名】 三輪 耕平  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003207  
    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社  
    【代表者】 齋藤 明彦  
【代理人】  
    【識別番号】 100077481  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 谷 義一  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100088915  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 阿部 和夫  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 008268  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0308146

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、

筒内圧力を検出する筒内圧検出手段と、

前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出する演算手段と、

前記演算手段によって算出された燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期を補正する補正手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

**【請求項 2】**

前記演算手段は、前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて前記所定のタイミングにおける燃焼割合を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

**【請求項 3】**

前記所定のタイミングは、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定された第 1 のタイミングと、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定された第 2 のタイミングとの間に設定されており、前記演算手段は、前記第 1 のタイミングと前記第 2 のタイミングとの間における前記制御パラメータの差分と、前記第 1 のタイミングと前記所定のタイミングとの間における前記制御パラメータの差分とに基づいて前記燃焼割合を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置。

**【請求項 4】**

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、

筒内圧力を検出する筒内圧検出手段と、

前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出する演算手段と、

前記演算手段によって算出された熱発生率に基づいて筒内における燃焼開始時期を補正する補正手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

**【請求項 5】**

前記演算手段は、前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて前記所定のタイミングにおける熱発生率を算出することを特徴とする請求項 4 に記載の内燃機関の制御装置。

**【請求項 6】**

前記演算手段は、所定の 2 点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記熱発生率を算出することを特徴とする請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

**【請求項 7】**

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 筒内圧力を検出するステップと、

(b) ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出するステップと、

(c) ステップ (b) で算出した燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期を補正するステップとを含む内燃機関の制御方法。

**【請求項 8】**

ステップ (b) では、ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて前記所定のタイミングにおける燃焼割合を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の内燃機関の制御方法。

**【請求項 9】**

前記所定のタイミングは、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定された第 1 のタイミングと、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定された第 2 のタイミングとの間に設定されており、ステップ (b) では、前記第 1 のタイミングと前記第 2 のタイミングとの間における前記制御パラメータの差分と、前記第 1 のタイミングと前記所定のタイミングとの間における前記制御パラメータの差分とに基づいて前記燃焼割合を算出することを特徴とする請求項 8 に記載の内燃機関の制御方法。

**【請求項 10】**

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

- (a) 筒内圧力を検出するステップと、
- (b) ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出するステップと、
- (c) ステップ (b) で算出した熱発生率に基づいて筒内における燃焼開始時期を補正するステップとを含む内燃機関の制御方法。

**【請求項 11】**

ステップ (b) では、ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて前記所定のタイミングにおける熱発生率を算出することを特徴とする請求項 10 に記載の内燃機関の制御方法。

**【請求項 12】**

ステップ (b) では、所定の 2 点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記熱発生率を算出することを特徴とする請求項 11 に記載の内燃機関の制御方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、内燃機関は筒内における混合気の燃焼開始時期（火花点火時期または圧縮着火時期）が遅れると本来のトルクを発生せず、逆に、点火または着火時期を進角させ過ぎるとノッキングが発生してしまう。このため、内燃機関の筒内における燃焼開始時期は、回転数やスロットル開度等に応じて、ノッキングが発生しない範囲で大きなトルクが得られるように適切なタイミング（MBT: Minimum advance for Best Torque）に設定されることが好ましい。このようなMBTを得るための内燃機関の制御装置としては、筒内における燃焼割合に基づいて燃焼開始時期を進角または遅角させるものが知られている（特許文献1参照。）。この制御装置において、燃焼割合は、熱発生率に基づいて、あるいは、燃焼割合を求めたい所定のクランク角タイミングを含む3点以上における筒内圧力から求められる。

【0003】

また、上述のMBTは、ノッキングが発生させてしまう点火または着火時期の近傍にあることから、ノッキングが発生しないようにしながら燃焼開始時期をできる限り進角させることにより、燃焼開始時期をMBTに近づけて内燃機関に大きなトルクを発生させることができる。このようなMBT制御を行う内燃機関の制御装置としては、ノッキングの発生によって筒内における熱発生率が一時的かつ急峻に上昇することに着目したものが知られている（特許文献2参照。）。この制御装置は、筒内圧検出手段によりサンプリングされた筒内圧力から熱発生率を求め、求めた熱発生率が最大となる時点から燃焼完了時までの領域における熱発生率の変化割合に基づいてノッキング寸前の状態にあるか否かを判定する。

【0004】

【特許文献1】特開平9-189281号公報

【特許文献2】特開平2-204662号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述のような従来の内燃機関の制御装置では、基本的に、筒内圧検出手段より検出された筒内圧を微小な単位クランク角ごとに処理することにより熱発生率が求められる。このため、従来の制御装置における演算負荷は多大なものとなっており、この点から、従来の制御装置を例えば車両用内燃機関等に適用するのは実際上困難となっていた。また、従来の手法により、3点程度の筒内圧力に基づいて燃焼割合を求めたとしても、実用上満足し得る精度のMBT制御は達成され得ない。

【0006】

そこで、本発明は、燃焼開始時期の高精度な制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による内燃機関の制御装置は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出する演算手段と、演算手段によって算出された燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期を補正する補正手段

とを備えることを特徴とする。

【0008】

この場合、演算手段は、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出するものであると好ましい。

【0009】

また、所定のタイミングは、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定された第1のタイミングと、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定された第2のタイミングとの間に設定されており、演算手段は、第1のタイミングと第2のタイミングとの間における制御パラメータの差分と、第1のタイミングと所定のタイミングとの間における制御パラメータの差分とに基づいて燃焼割合を算出するものであると好ましい。

【0010】

本発明による他の内燃機関の制御装置は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出する演算手段と、演算手段によって算出された熱発生率に基づいて筒内における燃焼開始時期を補正する補正手段とを備えることを特徴とする。

【0011】

この場合、演算手段は、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出するものであると好ましい。

【0012】

また、演算手段は、所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて熱発生率を算出するものであると好ましい。

【0013】

本発明による内燃機関の制御方法は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

- (a) 筒内圧を検出するステップと、
- (b) ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出するステップと、
- (c) ステップ(b)で算出した燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期を補正するステップとを含むものである。

【0014】

この場合、ステップ(b)では、ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出すると好ましい。

【0015】

また、所定のタイミングは、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定された第1のタイミングと、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定された第2のタイミングとの間に設定されており、ステップ(b)では、第1のタイミングと第2のタイミングとの間における制御パラメータの差分と、第1のタイミングと所定のタイミングとの間における制御パラメータの差分とに基づいて燃焼割合を算出すると好ましい。

【0016】

本発明による他の内燃機関の制御方法は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

- (a) 筒内圧を検出するステップと、
- (b) ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出するステップと、
- (c) ステップ(b)で算出した熱発生率に基づいて筒内における燃焼開始時期を補正す

るステップとを含むものである。

【0017】

この場合、ステップ(b)では、ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて所定のタイミングにおける熱発生率を算出すると好ましい。

【0018】

また、ステップ(b)では、所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて熱発生率を算出すると好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、燃焼開始時期の高精度な制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法の実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明者らは、演算負荷の低減化を図りつつ、内燃機関の筒内における燃焼開始時期（ガソリンエンジンでは点火時期、ディーゼルエンジンでは着火時期）の高精度な制御を可能にするために鋭意研究を重ね、その結果、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて算出される制御パラメータに着目するに至った。より詳細には、本発明者らは、クランク角が $\theta$ である際に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力を $P(\theta)$ とし、クランク角が $\theta$ である際の筒内容積を $V(\theta)$ とし、比熱比を $\kappa$ とした場合に、筒内圧力 $P(\theta)$ と、筒内容積 $V(\theta)$ を比熱比（所定の指数） $\kappa$ で累乗した値 $V^{\kappa}(\theta)$ との積として得られる制御パラメータ $P(\theta) \cdot V^{\kappa}(\theta)$ （以下、適宜「 $PV^{\kappa}$ 」と記す）に着目した。そして、本発明者らは、まず、クランク角に対する内燃機関の筒内における熱発生量 $Q$ の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ $PV^{\kappa}$ の変化パターンとが、図1に示されるような相関を有していることを見出した。ただし、図1において、 $-360^{\circ}$ 、 $0^{\circ}$ および $360^{\circ}$ は、上死点に、 $-180^{\circ}$ および $180^{\circ}$ は、下死点に対応する。

【0021】

図1において、実線は、所定のモデル気筒において所定の微小クランク角おきに検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の比熱比 $\kappa$ で累乗した値との積である制御パラメータ $PV^{\kappa}$ をプロットしたものである。また、図1において、破線は、上記モデル気筒における熱発生量 $Q$ を、次の(1)式に基づき、 $Q = \int dQ$ として算出・プロットしたものである。なお、何れの場合も、簡単のために、 $\kappa = 1.32$ とした。

$$dQ/d\theta = \{dP/d\theta \cdot V + \kappa \cdot P \cdot dV/d\theta\} / \{\kappa - 1\} \dots (1)$$

【0022】

図1に示される結果からわかるように、クランク角に対する熱発生量 $Q$ の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ $PV^{\kappa}$ の変化パターンとは、概ね一致（相似）しており、特に、筒内の混合気の燃焼開始（点火時または着火時）の前後（例えば、図1における約 $-180^{\circ}$ から約 $135^{\circ}$ までの範囲）では、熱発生量 $Q$ の変化パターンと、制御パラメータ $PV^{\kappa}$ の変化パターンとは極めて良好に一致することがわかる。

【0023】

本発明の一形態では、このような新たに見出された筒内における熱発生量 $Q$ と制御パラメータ $PV^{\kappa}$ との相関を利用し、筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とから算出される制御パラメータ $PV^{\kappa}$ に基づいて、ある2点間におけるトータルの熱発生量に対する当該2点間の所定のタイミングまでの熱発生量の比である燃焼割合（MFB）が求められる。ここで、制御パラメータ $PV^{\kappa}$ に基づいて筒内における燃焼割合を算出すれば、高負荷な演算処理を要することなく筒内における燃焼割合を精度よく得ることができる。すなわち、図2に示されるように、制御パラメータ $PV^{\kappa}$ に基づいて求められる燃焼割合（同図における実線参照）は、熱発生率に基づ

いて求められる燃焼割合（同図における破線参照）とほぼ一致する。

【0024】

図2において、実線は、上述のモデル気筒においてクランク角 $=\theta$ となるタイミングにおける燃焼割合を、次の(2)式に従うと共に、検出した筒内圧力 $P(\theta)$ に基づいて算出し、プロットしたものである。ただし、簡単のために、 $\kappa=1.32$ とした。

$$\text{MFB} = \{P(\theta) \cdot V^*(\theta) - P(-120^\circ) \cdot V^*(-120^\circ)\} / \{P(120^\circ) \cdot V^*(120^\circ) - P(-120^\circ) \cdot V^*(-120^\circ)\} \times 100 (\%) \quad \dots (2)$$

また、図2において、破線は、上述のモデル気筒においてクランク角 $=\theta$ となるタイミングにおける燃焼割合を、上記(1)式および次の(3)式に従うと共に、検出した筒内圧力 $P(\theta)$ に基づいて算出し、プロットしたものである。この場合も、簡単のために、 $\kappa=1.32$ とした。

【0025】

【数1】

$$\text{燃焼割合} = \frac{\int_{-120^\circ}^{\theta} dQ}{\int_{-120^\circ}^{120^\circ} dQ} \quad \dots (3)$$

【0026】

そして、本発明の一形態では、筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とから算出される制御パラメータ $P V^*$ に基づいて求められた燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期（火花点火時期または圧縮着火時期）が補正される。すなわち、最適な燃焼開始時期（MBT）における燃焼割合は、実験的、経験的に求めることができるので、制御パラメータ $P V^*$ に基づいて求められた燃焼割合が目標値と一致するように筒内における燃焼開始時期を補正することにより、筒内における燃焼開始時期を低負荷で簡易に最適化することが可能となり、ノッキングが発生しないようにしつつ内燃機関から大きなトルクを得ることができる。

【0027】

また、燃焼開始時期の制御に際しては、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定されたクランク角 $=\theta_1$ となる第1のタイミングと、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されたクランク角 $=\theta_2$ となる第2のタイミングとの間の所定のタイミングにおける燃焼割合が算出されると好ましい。この場合、当該所定のタイミングにおけるクランク角を $\theta_0$ とすると、クランク角 $=\theta_0$ となる当該所定のタイミングにおける燃焼割合（MFB）は、第1のタイミングと上記所定のタイミングとの間における制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\{P(\theta_0) \cdot V^*(\theta_0) - P(\theta_1) \cdot V^*(\theta_1)\}$ を、第1のタイミングと第2のタイミングとの間における制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\{P(\theta_2) \cdot V^*(\theta_2) - P(\theta_1) \cdot V^*(\theta_1)\}$ で除して100を乗じることにより得ることができる。これにより、3点において検出した筒内圧力に基づいて精度よく燃焼割合を求めることが可能となり、演算負荷を大幅に低減させつつ、筒内における燃焼開始時期を最適化することが可能となる。

【0028】

本発明の他の形態では、上述の筒内における熱発生量 $Q$ と制御パラメータ $P V^*$ との相関を利用し、筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とから算出される制御パラメータ $P V^*$ に基づいて熱発生率 $d(P V^*)$ が求められる。すなわち、制御パラメータ $P V^*$ を用いれば、任意のタイミング（クランク角 $=\theta$ となるタイミング）における熱発生率は、所定の2点間（微小クランク角 $\delta$ 間）における制御パラメータ $P V^*$ の差分として、すなわち、 $d(P V^*) = \{P(\theta + \delta) \cdot V^*(\theta + \delta) - P(\theta) \cdot V^*(\theta)\} / \delta \quad \dots (4)$ として表される。

【0029】



ここで、図3において、実線は、上述のモデル気筒においてクランク角 $=\theta$ となるタイミングにおける $d(PV^*)$ を筒内圧力 $P(\theta)$ に基づいて算出し、プロットしたものである。ただし、簡単のために、 $\kappa=1.32$ とし、 $\delta=1^\circ$  (1CA)とした。また、図3において、破線は、上述のモデル気筒においてクランク角 $=\theta$ となるタイミングにおける燃焼割合を、上記(1)式に従うと共に筒内圧力 $P(\theta)$ に基づいて算出し、プロットしたものである。この場合も、簡単のために、 $\kappa=1.32$ とした。図3からわかるように、クランク角に対する $d(PV^*)$ の変化パターン(同図における実線参照)は、(1)式に基づいて求められる熱発生率のクランク角に対する変化パターン(同図における破線参照)とほぼ一致(相似)している。従って、制御パラメータ $PV^*$ を用いれば、筒内における熱発生率を高負荷な演算処理を要することなく精度よく把握することができる。

#### 【0030】

そして、この形態では、筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とから算出される制御パラメータ $PV^*$ に基づいて求められた熱発生率としての $d(PV^*)$ に基づいて、筒内における燃焼開始時期(火花点火時期または圧縮着火時期)が補正される。すなわち、大トルクを発生させるための最適な燃焼開始時期(MBT)は、ノッキングを発生させてしまう点火または着火時期の近傍にあるが、ノッキングが発生すると、筒内における熱発生率が一時的かつ急峻に上昇した後、急激に低下する(燃焼が早期終了する)ことが知られている。従って、制御パラメータ $PV^*$ に基づいて熱発生率としての $d(PV^*)$ を求めると共に、 $d(PV^*)$ から把握されるノッキングの発生状態に応じて筒内における燃焼開始時期を補正することにより、筒内における燃焼開始時期を低負荷で簡易に最適化することが可能となり、ノッキングが発生しないようにしつつ内燃機関から大きなトルクを得ることができる。

#### 【0031】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について詳細に説明する。

#### 【0032】

図4は、本発明による内燃機関を示す概略構成図である。同図に示される内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させることにより動力を発生するものである。なお、図1には1気筒のみが示されるが、内燃機関1は多気筒エンジンとして構成されると好ましく、本実施形態の内燃機関1は、例えば4気筒エンジンとして構成される。

#### 【0033】

各燃焼室3の吸気ポートは、吸気マニホールドを介して吸気管5にそれぞれ接続され、各燃焼室3の排気ポートは、排気マニホールドを介して排気管6にそれぞれ接続されている。また、内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気ポートを開閉する吸気弁 $V_i$ と、排気ポートを開閉する排気弁 $V_e$ とが燃焼室3ごとに配設されている。各吸気弁 $V_i$ および各排気弁 $V_e$ は、例えば、可変バルブタイミング機能を有する動弁機構(図示省略)によって開閉させられる。更に、内燃機関1は、気筒数に応じた数の点火プラグ7を有し、点火プラグ7は、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配設されている。

#### 【0034】

各吸気管5(吸気マニホールド)は、図1に示されるように、サージタンク8に接続されている。サージタンク8には、給気ラインL1が接続されており、給気ラインL1は、エアクリーナ9を介して図示されない空気取入口に接続されている。そして、給気ラインL1の中途(サージタンク8とエアクリーナ9との間)には、スロットルバルブ(本実施形態では、電子スロットルバルブ)10が組み込まれている。一方、排気管6には、図1に示されるように、三元触媒を含む前段触媒装置11aおよび $NO_x$ 吸蔵還元触媒を含む後段触媒装置11bが接続されている。

#### 【0035】

更に、内燃機関1は、図1に示されるように、複数のインジェクタ12を有し、インジェクタ12は、対応する吸気管5の内部(吸気ポート内)に臨むように配設されている。

各インジェクタ12は、各吸気管5の内部にガソリン等の燃料を噴射する。なお、本実施形態の内燃機関1は、いわゆるポート噴射式のガソリンエンジンとして説明されるが、これに限られるものではなく、本発明がいわゆる直噴式内燃機関に適用され得ることはいうまでもない。また、本発明が、ガソリンエンジンだけではなく、ディーゼルエンジンにも適用され得ることはいうまでもない。

#### 【0036】

上述の各点火プラグ7、スロットルバルブ10、各インジェクタ12および動弁機構等は、内燃機関1の制御装置として機能するECU20に電氣的に接続されている。ECU20は、何れも図示されないCPU、ROM、RAM、入出力ポート、および、記憶装置等を含むものである。ECU20には、図1に示されるように、内燃機関1のクランク角センサ14を始めとした各種センサが電氣的に接続されている。ECU20は、記憶装置に記憶されている各種マップ等を用いると共に各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ7、スロットルバルブ10、インジェクタ12、動弁機構等を制御する。また、内燃機関1は、半導体素子、圧電素子あるいは光ファイバセンサ等を含む筒内圧センサ（筒内圧検出手段）15を気筒数に応じた数だけ有している。各筒内圧センサ15は、対応する燃焼室3内に受圧面が臨むようにシリンダヘッドに配設されており、ECU20に電氣的に接続されている。各筒内圧センサ15は、対応する燃焼室3における筒内圧力を検出し、検出値を示す信号をECU20に与える。

#### 【0037】

次に、図5を参照しながら、上述の内燃機関1における燃焼開始時期すなわち点火時期の制御手順について説明する。

#### 【0038】

内燃機関1が始動された後、アイドル状態からアイドルオフ状態に移行すると、図5に示されるように、ECU20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて機関回転数を取得すると共に、吸入空気量に基づいて内燃機関1の負荷を取得する（S10）。内燃機関1の回転数および負荷を取得すると、ECU20は、各燃焼室3における燃焼開始時期、すなわち、各点火プラグ7による点火時期の制御に必要な筒内圧の検出タイミング（クランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ ）を決定する。本実施形態では、筒内圧の検出タイミング（クランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ ）を機関回転数および負荷に応じて規定するマップ（3次元マップ）が予め用意されており、ECU20は、このマップから、S10で取得した内燃機関1の回転数および負荷に対応したクランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ を読み出す（S12）。

#### 【0039】

当該マップにおいて、筒内圧の検出タイミングを規定する一方のクランク角 $\theta_1$ は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前（点火前）の値（例えば $-60^\circ$ ）として定められ、各燃焼室3内において燃焼が開始される時点（点火時）よりも十分に前のタイミングに設定されると好ましい。また、当該マップにおいて、筒内圧の検出タイミングを規定する他方のクランク角 $\theta_2$ は、燃焼開始（点火）の後かつ排気弁開弁前の値（例えば $90^\circ$ ）として定められ、燃焼室3内における混合気の燃焼が概ね完了したタイミングに設定されると好ましい。

#### 【0040】

S12の処理の後、ECU20は、点火制御用ベースマップに従って、各点火プラグ7による点火を実行させる（S14）。また、ECU20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて内燃機関1のクランク角をモニタしている。そして、S14において各点火プラグ7に混合気の点火を実行させるのと前後して、ECU20は、クランク角 $=\theta_1$ となる第1のタイミング、クランク角 $=\theta_2$ となる第2のタイミング、更には、第1のタイミングと第2のタイミングとの間に予め定められており、クランク角 $=\theta_0$ （ただし、 $\theta_1 < \theta_0 < \theta_2$ ）となる所定のタイミングになると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、燃焼室3ごとに、クランク角が $\theta_1$ 、 $\theta_0$ および $\theta_2$ となる時の筒内圧力 $P(\theta_1)$ 、 $P(\theta_0)$ および $P(\theta_2)$ を求める。本実施形態において、第1のタイミングと

第2のタイミングとの間の所定のタイミングは、燃焼割合がほぼ50%になることが実験的、経験的に知られているクランク角が $\theta_0 = 8^\circ$ （上死点后 $8^\circ$ ）となるタイミングに設定されている。なお、成層燃焼運転が実行される場合や、ディーゼルエンジンの場合、それぞれに応じた最適燃焼開始時期（MBT）を求めればよく、そのMBTにおける燃焼割合は容易に算出することができる。

#### 【0041】

S14における点火制御および第2のタイミングにおける筒内圧力の検出が完了した時点で、ECU20は、筒内圧力 $P(\theta_1)$ と、筒内圧力 $P(\theta_1)$ の検出時、すなわち、クランク角が $\theta_1$ となる時の筒内容積 $V(\theta_1)$ を比熱比 $\kappa$ （本実施形態では、 $\kappa = 1.32$ ）で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)$ を燃焼室3ごとに算出している。また、この時点で、ECU20は、筒内圧力 $P(\theta_0)$ と、クランク角が $\theta_0$ となる時の筒内容積 $V(\theta_0)$ を比熱比 $\kappa$ で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_0) \cdot V^\kappa(\theta_0)$ 、および、筒内圧力 $P(\theta_2)$ と、クランク角が $\theta_2$ となる時の筒内容積 $V(\theta_2)$ を比熱比 $\kappa$ で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2)$ を燃焼室3ごとに算出している。なお、 $V^\kappa(\theta_1)$ 、 $V^\kappa(\theta_0)$ および $V^\kappa(\theta_2)$ の値は、予め算出された上で記憶装置にマップとして記憶されている。

#### 【0042】

そして、ECU20は、クランク角が $\theta_1$ 、 $\theta_0$ および $\theta_2$ となる時の制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)$ 、 $P(\theta_0) \cdot V^\kappa(\theta_0)$ および $P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2)$ を用いて、クランク角が $\theta_0$ となるタイミングにおける燃焼割合MFBを、
$$MFB = \{P(\theta_0) \cdot V^\kappa(\theta_0) - P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)\} / \{P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2) - P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)\} \times 100 (\%)$$
として算出する（S16）。これにより、燃焼室3ごとに、クランク角が $\theta_1$ 、 $\theta_0$ および $\theta_2$ となる3点において検出された筒内圧力から精度よく燃焼割合MFBが求められることになる。本実施形態では、燃焼室3ごとに燃焼割合MFBが求められた後、全燃焼室3の燃焼割合MFBの平均値が算出される。

#### 【0043】

S16にて燃焼割合MFBの平均値を算出すると、ECU20は、求めた燃焼割合MFBの平均値から50を減じた値の絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ （正の所定値）を下回っているか否かを判定する（S18）。すなわち、S18では、S16にて算出されたクランク角が $\theta_0 = 8^\circ$ となる時の燃焼割合MFBの平均値と、クランク角が $\theta_0 = 8^\circ$ となる時の燃焼割合の理論値（目標値）50（%）との偏差が求められ、当該偏差が閾値 $\epsilon$ を下回っているか否か、および、当該偏差が $-\epsilon$ を上回っているか否かが判定される。

#### 【0044】

ここで、本実施形態の内燃機関1では、点火制御用ベースマップとして比較的ラフに適合されたものが用意されており、内燃機関1の稼動時間が比較的短い場合には、S18の判定処理において、絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ 以上であると判断されることが多くなる。S18にて、絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ 以上になっていると判断した場合、ECU20は、S16にて算出された燃焼割合MFBの平均値と目標値（50%）との偏差（ $MFB - 50$ ）に応じて、すなわち、偏差（ $MFB - 50$ ）がゼロになるように、各点火プラグ7による点火時期の補正量（進角量または遅角量）を算出する（S20）。

#### 【0045】

S20において、ECU20は、S16にて算出された燃焼割合MFBの平均値と目標値との偏差（ $MFB - 50$ ）が負の値になっている場合、当該偏差（ $MFB - 50$ ）に応じた点火時期の進角量を設定し、偏差（ $MFB - 50$ ）が正の値になっている場合、当該偏差（ $MFB - 50$ ）に応じた点火時期の遅角量を設定する。これにより、制御パラメータ $PV^\kappa$ に基づいて求められた燃焼割合MFB（平均値）が目標値と一致するように各点

火プラグ7による点火時期（燃焼開始時期）が補正されることになるので、各点火プラグ7による点火時期を低負荷で簡易に最適化することが可能となり、ノッキングが発生しないようにしつつ内燃機関1から大きなトルクを得ることができる。

#### 【0046】

S20の処理後、ECU20は、S10に戻り、S10およびS12における処理を実行した後、点火制御用ベースマップに従うと共に、S20にて設定した点火時期の補正量を踏まえながら（加減算しながら）、各点火プラグ7に混合気の点火を実行させる（S14）。また、ECU20は、S14において各点火プラグ7に混合気の点火を実行させるのと前後して、クランク角が $\theta_1$ 、 $\theta_0$ および $\theta_2$ となるタイミングになると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、燃焼室3ごとに、筒内圧力 $P(\theta_1)$ 、 $P(\theta_0)$ および $P(\theta_2)$ を求め、更に、クランク角が $\theta_0$ となるタイミングにおける燃焼割合MFB（平均値）を算出する（S16）。

#### 【0047】

そして、ECU20は、S18にて、求めた燃焼割合MFBの平均値から50を減じた値の絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ （正の所定値）を下回っているか否か再度判定する。この段階で、絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ 以上になっていると判断した場合、ECU20は、S20にて各点火プラグ7による点火時期の補正量を設定し、S10以降の処理を繰り返す。

#### 【0048】

一方、S18にて、絶対値 $|MFB - 50|$ が所定の閾値 $\epsilon$ を下回っていると判断した場合、ECU20は、点火制御用ベースマップを更新するための所定の条件が満たされているか否か判定した上で（S22）、各点火プラグ7による今回の点火前にS20で設定された補正量に基づいて点火制御用ベースマップを更新する（S24）。これにより、点火制御用ベースマップが初期状態において比較的ラフに適合されたものであっても、内燃機関1の稼動時間が長期化していくにつれて、当該点火制御用ベースマップは、内燃機関1の運転状態や周囲環境等に応じて更新されていくことになる。従って、内燃機関1では、点火制御用ベースマップの適合に要するコストを低減させることが可能となると共に、点火制御用ベースマップを用いた点火時期制御自体の精度を向上させていくことができる。

#### 【0049】

図6は、上述の内燃機関1において実行され得る他の点火時期制御手順（燃焼開始時期制御手順）を説明するためのフローチャートである。

#### 【0050】

図6に従って各点火プラグ7による点火時期が制御される場合、内燃機関1の始動後にアイドル状態からアイドルオフ状態に移行すると、ECU20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて機関回転数を取得すると共に、吸入空気量に基づいて内燃機関1の負荷を取得する（S30）。内燃機関1の回転数および負荷を取得すると、ECU20は、各燃焼室3における燃焼開始時期、すなわち、各点火プラグ7による点火時期の制御に必要な筒内圧の検出タイミングを規定するクランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ と閾値 $\gamma$ とを決定する。

#### 【0051】

この実施形態では、筒内圧の検出タイミング（クランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ ）並びに閾値 $\gamma$ を機関回転数および負荷に応じて規定するマップが予め用意されており、ECU20は、このマップから、S10で取得した内燃機関1の回転数および負荷に対応したクランク角 $\theta_1$ および $\theta_2$ 並びに閾値 $\gamma$ を読み出す（S32）。当該マップにおいて、筒内圧の検出タイミングを規定する一方のクランク角 $\theta_1$ は、実験的、経験的にノッキングが発生しやすい領域前の値（例えば $15^\circ$ ）として定められ、当該マップにおいて、筒内圧の検出タイミングを規定する他方のクランク角 $\theta_2$ は、実験的、経験的にノッキングが発生しやすい上記領域後の値（例えば $20^\circ$ ）として定められている。

#### 【0052】

S32の処理の後、ECU20は、点火制御用ベースマップに従って、各点火プラグ7による点火を実行させる(S34)。また、ECU20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて内燃機関1のクランク角をモニタしており、クランク角が $\theta_1$ となる第1のタイミングになると、その時の筒内圧力 $P(\theta_1)$ を求め、当該第1のタイミングから微小クランク角 $\delta$ ( $\delta=1^\circ$  [1CA])だけ進んだタイミングになると、その時の筒内圧力 $P(\theta_1+\delta)$ を求める。その後、ECU20は、クランク角が $\theta_2$ となる第2のタイミングになると、その時の筒内圧力 $P(\theta_2)$ を求め、当該第2のタイミングから微小クランク角 $\delta$ ( $\delta=1^\circ$  [1CA])だけ進んだタイミングになると、その時の筒内圧力 $P(\theta_2+\delta)$ を求める。

#### 【0053】

このようにして検出される4点の筒内圧力 $P(\theta_1)$ 、 $P(\theta_1+\delta)$ 、 $P(\theta_2)$ および $P(\theta_2+\delta)$ から、ECU20は、クランク角が $\theta_1$ となる第1のタイミングにおける熱発生率を示す $d(PV^\kappa)_1$ と、クランク角が $\theta_2$ となる第2のタイミングにおける熱発生率を示す $d(PV^\kappa)_2$ とを燃焼室3ごとに求める。上述のように、制御パラメータ $PV^\kappa$ を用いれば、クランク角が $\theta_1$ または $\theta_2$ となるタイミングにおける熱発生率は、所定の2点間(微小クランク角 $\delta$ 間)における制御パラメータ $PV^\kappa$ の差分として、すなわち、

$$d(PV^\kappa)_1 = \{P(\theta_1+\delta) \cdot V^\kappa(\theta_1+\delta) - P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)\} / \delta$$

$$d(PV^\kappa)_2 = \{P(\theta_2+\delta) \cdot V^\kappa(\theta_2+\delta) - P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2)\} / \delta$$

として、高負荷な演算処理を要することなく精度よく求められる(ただし、本実施形態では、 $\kappa=1.32$ とされる)。なお、 $V^\kappa(\theta_1)$ 、 $V^\kappa(\theta_1+\delta)$ 、 $V^\kappa(\theta_2)$ および $V^\kappa(\theta_2+\delta)$ の値は、予め算出された上で記憶装置にマップとして記憶されている。

#### 【0054】

更に、ECU20は、クランク角が $\theta_2$ となる第2のタイミングにおける熱発生率 $d(PV^\kappa)_2$ とクランク角が $\theta_1$ となる第1のタイミングにおける熱発生率 $d(PV^\kappa)_1$ との偏差 $\Delta dQ$ を、

$$\Delta dQ = d(PV^\kappa)_2 - d(PV^\kappa)_1$$

として燃焼室3ごとに算出すると共に、偏差 $\Delta dQ$ の全燃焼室3についての平均値 $\Delta dQ_{av}$ を算出する。そして、ECU20は、S36にて求めた偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ とS32にて読み出した閾値 $\gamma$ とを比較する(S38)。ここで、燃焼室3においてノッキングが発生すると、燃焼室3における熱発生率が一時的かつ急峻に上昇した後、急激に低下する(燃焼が早期終了する)ことが知られている。このような現象を考慮して、内燃機関1のECU20は、S12で設定された第1のタイミング(クランク角 $=\theta_1$ )と第2のタイミング(クランク角 $=\theta_2$ )との間における熱発生率の変化量すなわち偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ が所定の閾値 $\gamma$ を上回った場合、燃焼室3においてノッキングが発生したと判断し、偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ が所定の閾値 $\gamma$ 以下である場合、燃焼室3においてノッキングが発生していないと判断する。

#### 【0055】

S38において、偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ が所定の閾値 $\gamma$ 以下であり、燃焼室3においてノッキングが発生していないと判断した場合、ECU20は、S40において、予め定められた点火時期の進角量、または、S38にて算出された平均値 $\Delta dQ_{av}$ に応じた各点火プラグ7による点火時期の進角量を設定する。これにより、各燃焼室3における燃焼開始時期、すなわち、各点火プラグ7による点火時期をノッキングが発生しやすい領域付近までできるだけ近づけることが可能となる。

#### 【0056】

このように、制御パラメータ $PV^\kappa$ に基づいて熱発生率を示す $d(PV^\kappa)$ を求めると共に、熱発生率を示す $d(PV^\kappa)$ の変化量(偏差 $\Delta dQ$ または平均値 $\Delta dQ_{av}$ )から把握されるノッキングの発生状態に応じて各点火プラグ7による点火時期(燃焼開始時期)を補正することにより、各点火プラグ7による点火時期を低負荷で簡易に最適化するこ

とが可能となり、ノッキングが発生しないようにしつつ内燃機関から大きなトルクを得ることができる。S40の処理後、ECU20は、S30に戻り、S30およびS32における処理を実行した後、点火制御用ベースマップに従うと共に、S40にて設定した点火時期の進角量を踏まえながら（加減算しながら）、各点火プラグ7に混合気の点火を実行させる（S34）。

#### 【0057】

一方、S38において、偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ が所定の閾値 $\gamma$ を上回っており、燃焼室3においてノッキングが発生していないと判断した場合、ECU20は、図示されないカウンタを1だけインクリメントする（S42）。その後、ECU20は、当該カウンタのカウンタ値が予め定められている閾値を超えているか否か判定する（S44）。ECU20は、S44にてカウンタのカウンタ値が予め定められている閾値を超えたと判断した場合、すなわち、ノッキングの発生回数が当該閾値を超えたと判断した場合、予め定められた点火時期の遅角量を設定すると共に、カウンタをリセットする（S46）。これにより、各点火プラグ7による点火時期を過剰に進角させてしまうことを防止して、ノッキングの発生を抑制することが可能となる。S46の処理後、ECU20は、S30に戻り、S30以降の一連の処理を繰り返す。また、ECU20は、S44にてカウンタのカウンタ値が予め定められている閾値を超えていないと判断した場合、すなわち、ノッキングの発生回数が当該閾値を超えていないと判断した場合、S40にて、点火時期の進角量を設定する。これにより、ノッキングの発生が許容範囲内にある場合は、各点火プラグ7による点火時期を更に進角させて、内燃機関から大きなトルクを得ることができる。

#### 【0058】

なお、図6に示された例では、S36にて第1のタイミング（クランク角 $=\theta_1$ ）と第2のタイミング（クランク角 $=\theta_2$ ）との間における熱発生率を示す $d(PV^*)$ の偏差 $\Delta dQ$ を求め、S38にて、偏差 $\Delta dQ$ の平均値 $\Delta dQ_{av}$ と所定の閾値 $\gamma$ とを比較することにより、ノッキングの発生の有無を判断しているが、これに限られるものではない。すなわち、ノッキングの発生の有無は、所定のタイミング（1点）における熱発生率を示す $d(PV^*)$ と所定の閾値とを比較することによっても判断することが可能であり、ある1点における熱発生率を示す $d(PV^*)$ が所定の閾値を上回った場合に、ノッキングが発生したと判断してもよい。また、S46では、点火時期の遅角量が設定される代わりに、点火時期が例えば前回または前々回の値に保持されてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0059】

【図1】本発明において用いられる制御パラメータ $PV^*$ と、燃焼室内における熱発生量との相関を示すグラフである。

【図2】制御パラメータ $PV^*$ に基づいて求められる燃焼割合と、熱発生率に基づいて求められる燃焼割合との相関を示すグラフである。

【図3】制御パラメータ $PV^*$ に基づいて求められる熱発生率と、理論式に従って求められる熱発生率との相関を示すグラフである。

【図4】本発明による内燃機関を示す概略構成図である。

【図5】図4の内燃機関における点火時期の制御手順の一例を説明するためのフローチャートである。

【図6】図4の内燃機関における点火時期の制御手順の他の例を説明するためのフローチャートである。

#### 【符号の説明】

#### 【0060】

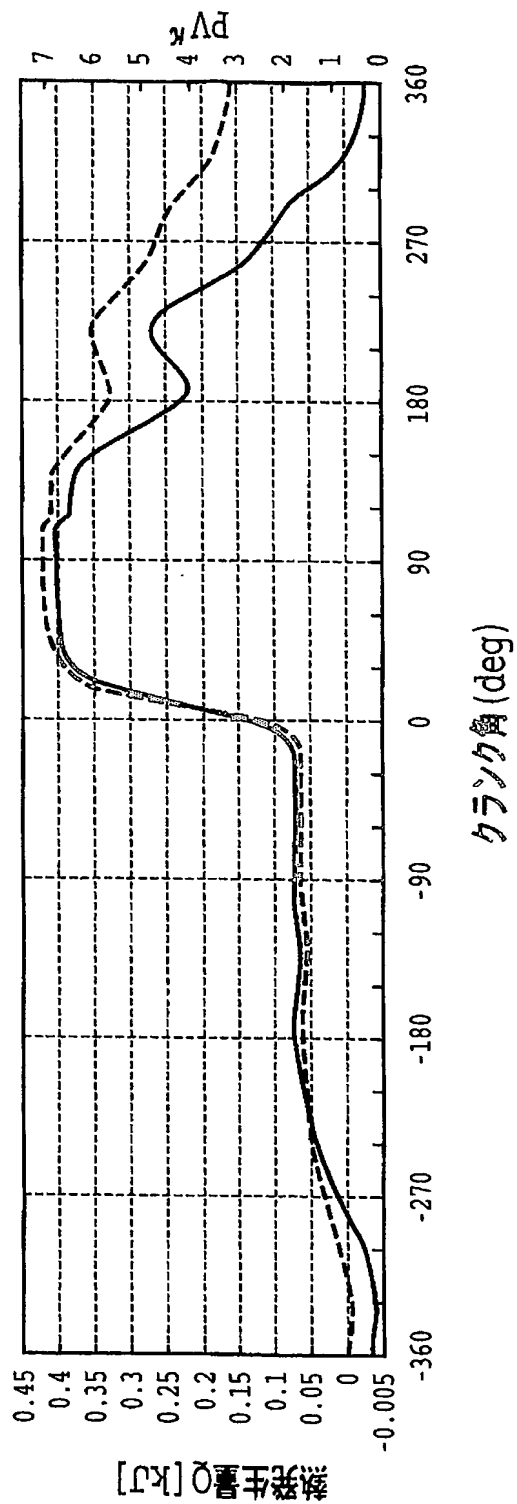
- 1 内燃機関
- 3 燃焼室
- 4 ピストン
- 7 点火プラグ
- 12 インジェクタ



1 4 クランク角センサ  
1 5 筒内圧センサ  
V e 排気弁  
V i 吸気弁

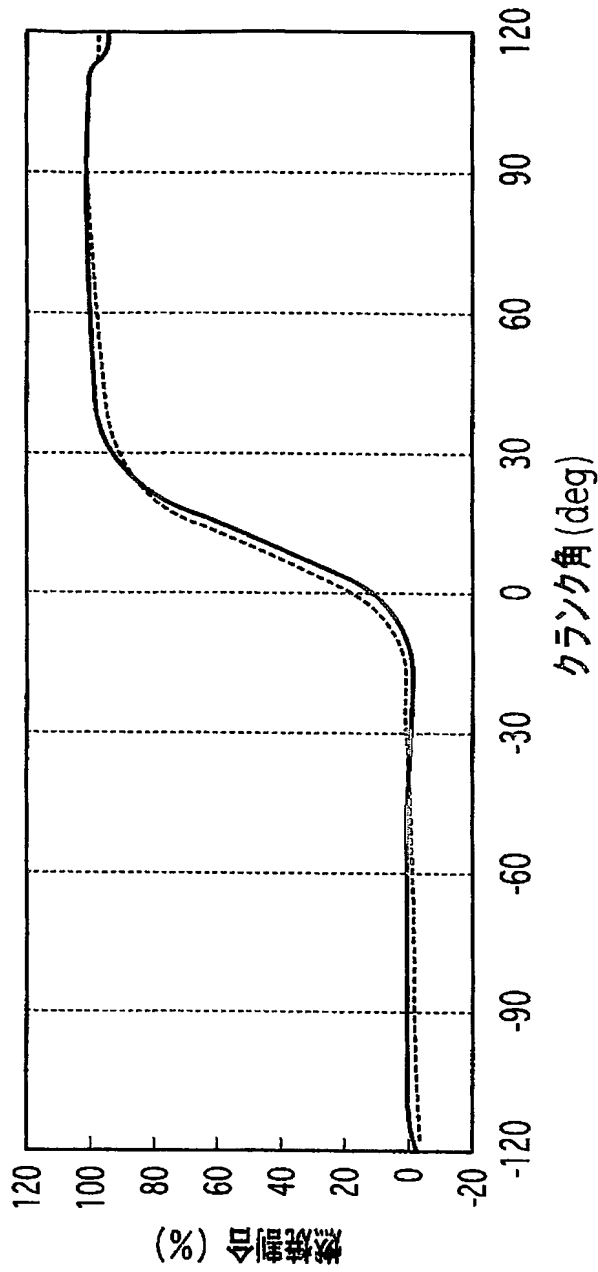
【書類名】 図面

【図 1】

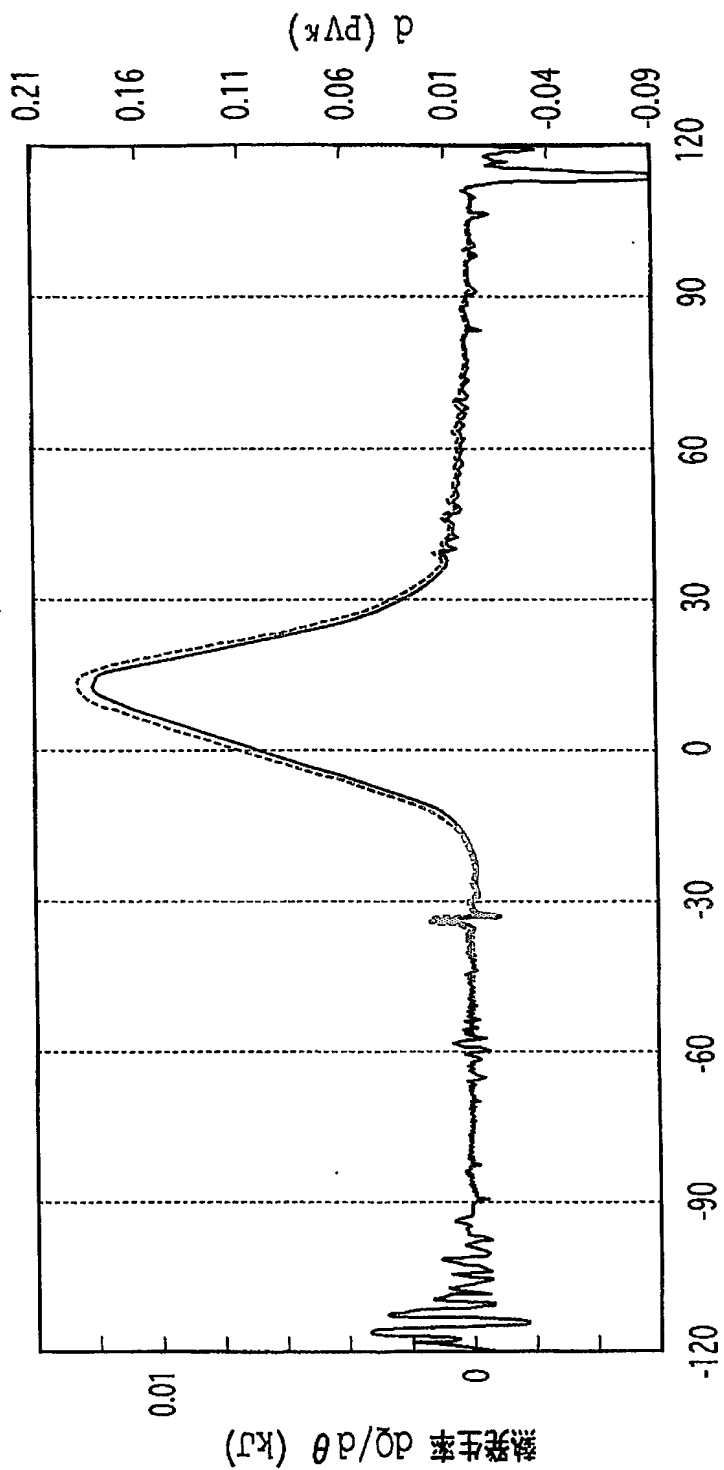




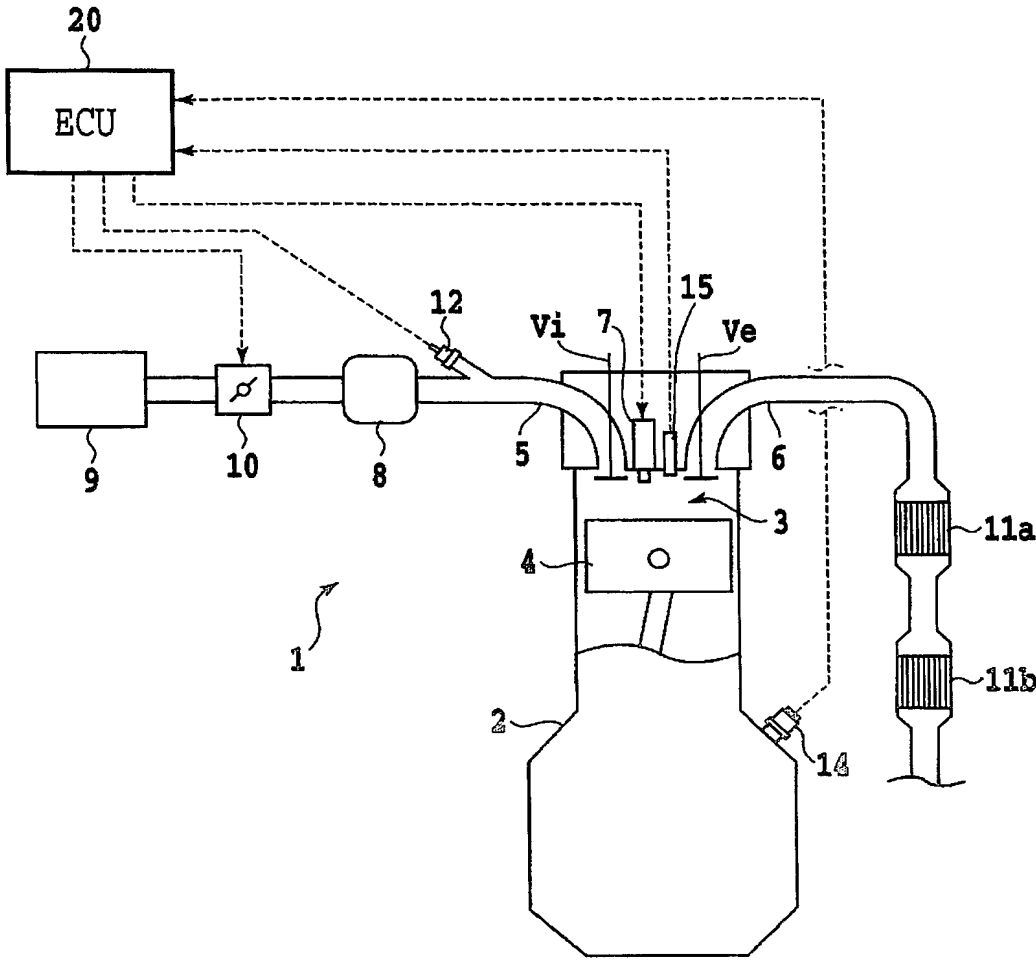
【図 2】



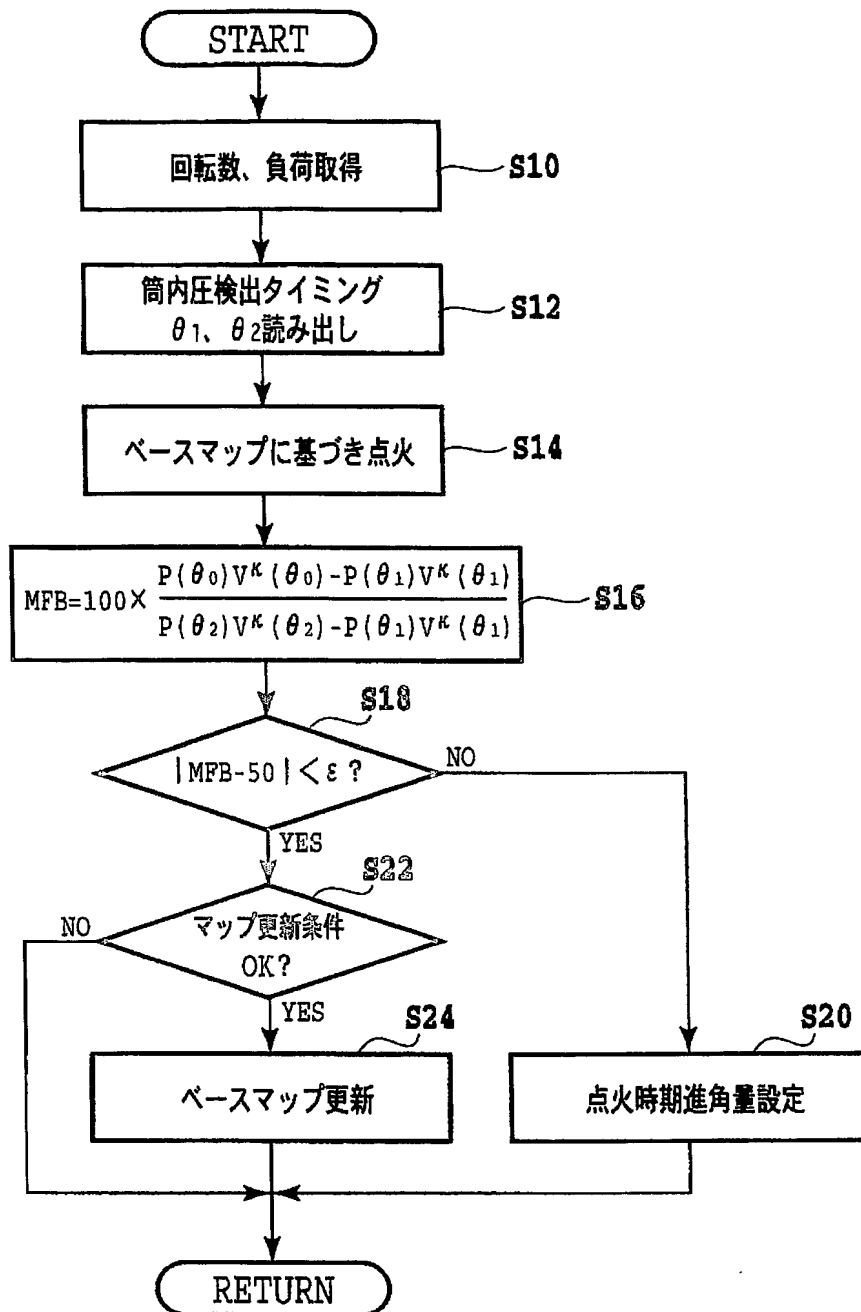
【図 3】



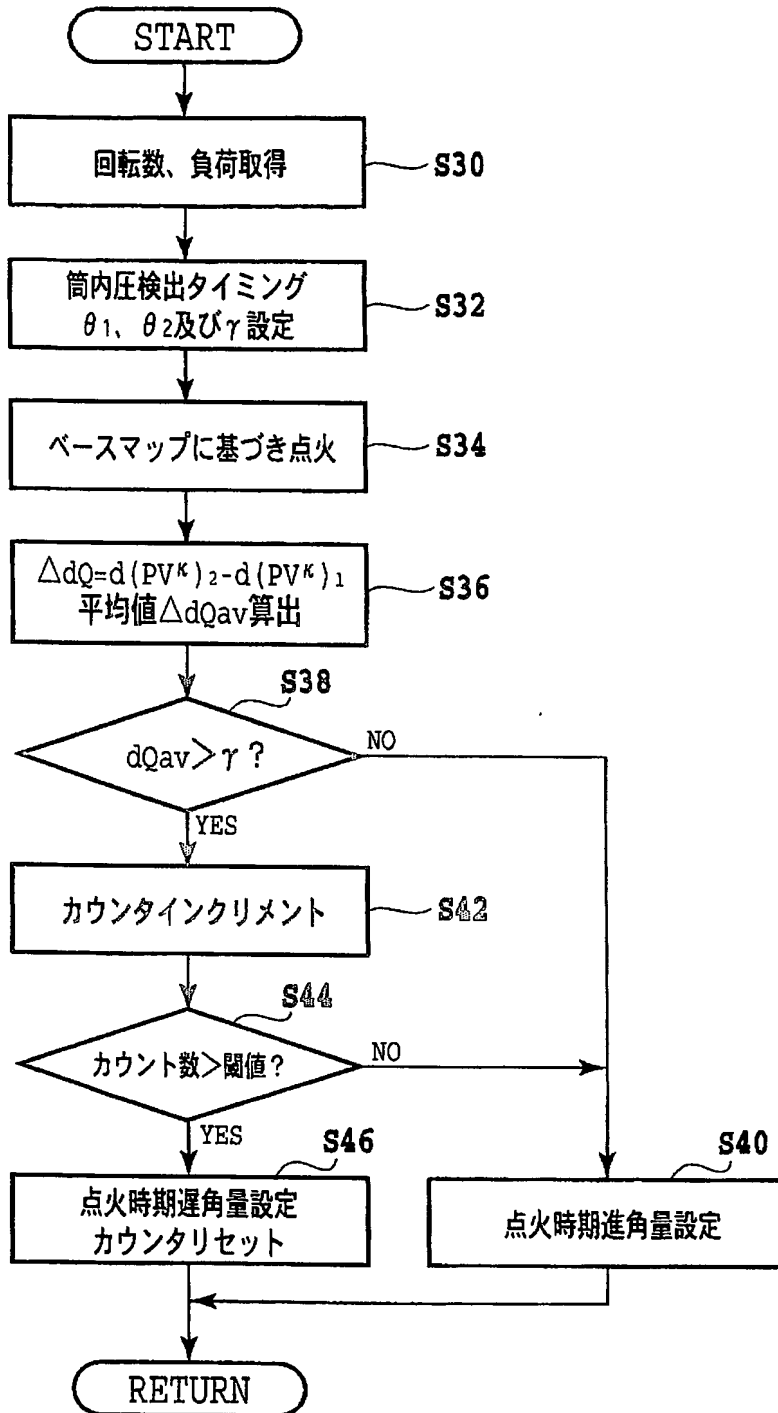
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 燃焼開始時期の高精度な制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法の提供。

【解決手段】 燃料および空気の混合気を燃焼室 3 内で燃焼させて動力を発生する内燃機関 1 は、クランク角を検出するクランク角センサ 1 4 と、クランク角センサ 1 4 によって検出されるクランク角が所定角度になった際の筒内圧力を検出する筒内圧センサ 1 5 と、ECU 2 0 とを備える。ECU 2 0 は、筒内圧センサ 1 5 によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータに基づいて所定のタイミングにおける燃焼割合を算出し、算出した燃焼割合が目標値と一致するように各点火プラグ 7 による点火時期を補正する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 7 6 2 7 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**